



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY STROJNÍ SOUČÁSTI S  
NÁVRHEM VRTACÍHO PŘÍPRAVKU**

PROPOSAL OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR A MACHINE PART USING A DRILLING JIG

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Pavel Havránek**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Josef Chladil, CSc.**

**BRNO 2018**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Pavel Havránek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Chladil, CSc.**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh technologie výroby strojní součásti s návrhem vrtacího přípravku

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologie výroby součástí včetně návrhu konstrukčního vrtacího přípravku.

### Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika vybrané součásti.
- Technologičnost konstrukce.
- Technologie pro podmínku maloseriové výroby.
- Návrh vrtacího přípravku.
- Ekonomické posouzení, závěr.

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

PÍŠKA, M. a kol. Speciální technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Přeložil M. KUDELA. AB Sandvik Coromant. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles. 2nd ed. New York Oxford University Press, 2005. 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je charakterizovat vybranou součást, zhodnotit technologičnost konstrukce, navrhnout vrtací přípravek a ekonomické posouzení. Úvodní část práce se zabývá technologickému posouzení výroby součásti a konstrukcí vrtacího přípravku. Následuje seznámení s využitými technologiemi při výrobě vrtacího přípravku a součásti. V další části jsou shrnuta pravidla pro konstrukci přípravků a jejich dělení. Závěr práce je věnován ekonomickému posouzení.

**Klíčová slova**

vrtání, vyhrubování, vystružování, frézování, broušení, vrtací přípravek

**ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to characterize the selected component, to evaluate the technological design. Further the drilling jig is designed and economical assessment is done. The first part of the thesis deals with the technological assessment of the production of drilling parts and structures. This is followed by familiarization with the technologies used in drilling and component manufacturing. Next sections summarize the rules for the construction of the products and their division. Conclusion of the thesis is devoted to the economic assessment.

**Key words**

drilling, roughing, reaming, milling, grinding, camping unit

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HAVRÁNEK, P. *Návrh technologie výroby strojní součásti s návrhem vrtacího přípravku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 51 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie výroby strojní součásti s návrhem vrtacího přípravku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

-----  
Datum

-----  
Pavel Havránek

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Chladilovi, Csc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dík také patří mé rodině, která mi vytvořila ideální pracovní prostředí během celého studia.

## OBSAH

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD .....	9
1 HODNOCENÍ TECHNOLOGIČNOSTI SOUČÁSTI.....	10
1.1 Ukazatelé technologičnosti .....	10
2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP pro maloseriovou výrobu .....	11
3 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PRO VÝROBU SOUČÁSTI .....	13
Řezání laserem .....	13
Vrtání .....	15
Vyhrubování .....	16
Vystružování .....	17
4 Použité nástroje a pomůcky .....	18
5 POUŽITÉ STROJE PRO VÝROBU SOUČÁSTI .....	25
CNC stroj Kompakt Laser .....	25
Stolní vrtačka OPTIdrill B 24 HV .....	26
6 Přípravky.....	28
PRAVIDLA PRO KONSTRUKCI PŘÍPRAVKŮ .....	28
DĚLĚNÍ PŘÍPRAVKŮ .....	28
7 NÁVRH KONSTRUKCE VRTACÍHO PŘÍPRAVKU .....	30
8 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PRO VÝROBU VRTACÍHO PŘÍPRAVKU.....	31
Frézování .....	31
Broušení .....	32
Soustružení.....	34
9 Stroje použité pro výrobu přípravku.....	36
10 Ekonomické zhodnocení.....	39
závěr.....	43
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	44
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45
SEZNAM TABULEK .....	46

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	47
SEZNAM PŘÍLOH.....	51

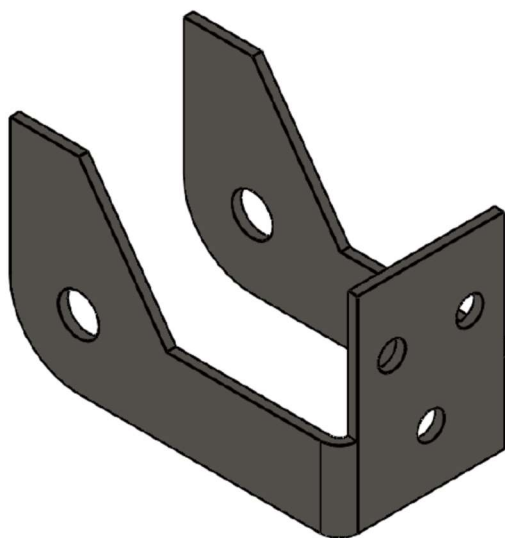


## ÚVOD

Z důvodu neviditelnosti nástroje při úběru materiálu a problematickému odvodu přisek z místa řezu je vrtání relativně složitou operací obrábění. Při dalších způsobech obrábění, jako je například soustružení či frézování, lze pozorovat, co se děje s nástrojem během úběru třísky. Při vrtání je tomuto zamezeno materiálem. Vrtání je možno provádět různými nástroji, které jsou děleny na nástroje pro vrtání krátkých a dlouhých děr. Operace vrtání je prováděna na různých typech zařízení, jako jsou číslicově řízené stroje, konvenční stroje, soustruhy nebo frézky. Při vrtání mohou být užity různá zařízení pro zvýšení produktivity práce a dosažení přesnější výroby. Tato zařízení jsou označována jako univerzální přípravky a mohou to být například různé druhy sklíčidel nebo svěráků (viz kapitola 6).

Tato bakalářská práce se zabývá technologií vrtání a použitím přípravku pro větší série výroby (10 000 kusů/rok). Čím větší je série vyráběných součástí, tím větší využitelnosti přípravek nabývá. Konstrukce by měla být co možná nejjednodušší a nejlehčí a nejpresnější (viz. kapitola 6).

V tomto případě bude přípravek navržen pro výrobu součástí (viz. obr. 1). Přípravek využívá systému samo středícího upínání a je navržen především tak, aby vyrobena součást splňovala nároky na geometrické tolerance u děr  $\varnothing 18H7$ . Vyráběná součást i přípravek byla modelována v softwaru Solidworks2016.



Obr. 1 Součást, pro kterou byl navrhován přípravek.

## 1 HODNOCENÍ TECHNOLOGIČNOSTI SOUČÁSTI

Z důvodu hospodárné výroby a velikosti série (10 000 ks /rok) bude součást vyráběna na konvenčních, nikoli CNC stojích. Na konstrukci součásti se nacházejí rozměry struktury povrchu a geometrické tolerance zvýšené přesnosti, u těchto ploch nastává zvýšená náročnost na obrábění ploch a jejich měření.

- Rozměry Ø18H7 mají předepsanou strukturu povrchu Ra 0,8 (vyžaduje se vyhrubování a následné vystružování).
- U děr Ø18H7 je tolerována vzájemná soustřednost 0,05 tato skutečnost byla zohledněna při návrhu přípravku.

### 1.1 Ukazatelé technologičnosti

**Ukazatel využití materiálu:**

$$U_m = \frac{G_1}{G_2} = \frac{0,633}{0,666} = 0,95 [-] \quad (1.1)$$

$G_1$  - hmotnost výrobku [kg]

$G_2$  - hmotnost polotovaru [kg]

**Ukazatel jakosti povrchu obráběné plochy:**

$$U_h = \frac{\sum_{i=1}^h H_i \cdot n_i}{n} = \frac{0,8 \cdot 2 + 3 \cdot 3,2}{5} = 2,24 [-] \quad (1.2)$$

$H_i$  - střední aritmetická úchylka profilu  $R_m$  [ $\mu\text{m}$ ]

$n_i$  - četnost výskytu dané hodnoty Ra

$n$  - četnost výskytu všech hodnot Ra

**Ukazatel průměrné přesnosti:**

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^h P_i \cdot n_i}{n} = \frac{7 \cdot 2 + 6 \cdot 1}{3} = 6,6 [-] \quad (1.3)$$

$P_i$  - IT číslo dané operace (H7=7)

$n_i$  - četnost výskytu tolerance

$n$  - četnost výskytu všech uvažovaných tolerancí

## 2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO MALOSERIOVOU VÝROBU

Tato část bakalářské práce se zabývá vlastním návrhem technologického postupu pro výrobu součástí. Tento postup byl navržen s ohledem na počet kusů, požadovanou přesnost a předpoklad využití vrtacího přípravku.

Tab. 1 Technologický postup varianta 1.

číslo operace	Stroj	Pracoviště	Popis operace	Nástroje; pomůcky
0/0	Kompakt Laser	obrobna	Řezat polotovár z tabule plechu	P11
1/1	Ohraňovací lis	obrobna	Ohnout dle výkresové dokumentace	
2/2	Stolní vrtáčka OPTIdrill B 24 HV	obrobna	Upnout do vrtacího přípravku vrtat 3x Ø12 mm	T1; P11,P13,P14
3/3	Stolní vrtáčka OPTIdrill B 24 HV	obrobna	Otočit přípravek, vrtat Ø17,5 mm, vyjmout pouzdro, vyhrubovat, vystružovat,	T2,T3,T4; P13,P15
11/11		montáž	Odjehlit	P12
12/12		OTK	kontrola rozměrů, konzervace, balení	P11,P16

Následující varianta výrobního postupu byla zvažována pro svou ekonomickou výhodnost. Tento postup by umožnil zjednodušení vrtacího přípravku, menší počet potřebných nástrojů, rychlejší výrobu a menší počet pomůcek.

Tab. 2 Technologický postup varianta 2.

číslo operace	Stroj	Pracoviště	Popis operace	Nástroje; pomůcky
0/0	Kompakt Laser	obrobna	Vyřezat otvory 3xØ12 vyřezat otvory 2xØ17,5 řezat polotovary z tabule plechu	P11
1/1	Ohracovací lis	obrobna	Ohnout dle výkresové dokumentace	
2/2	Stolní vrtáčka OPTIdrill B 24 HV	obrobna	Upnout do vrtacího přípravku, vyhrubovat, vystružovat,	T3,T4
3/3		montáž	Odjehlit	P12
4/4		OTK	kontrola rozměrů, konzervace, balení	P11,P16

Varianta 2 postupu byla nakonec shledána jako nevyhovující. Hlavním důvodem je skutečnost, že po vyřezání děr pomocí laseru vznikne v okolí díry tvrdá oblast, v této oblasti je další obrábění komplikovanější. Dalším problémem by bylo zaručení předepsaných geometrických tolerancí, nástroje by byly navedeny předřezanou dírou bez ohledu na to, zda by byla po ohybu v požadované poloze nebo ne.

### 3 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PRO VÝROBU SOUČÁSTI

Pro výrobu součásti byly zvoleny následující technologie tak, aby byly zajištěny požadované tolerance: Řezání laserem, vrtání, vyhrubování, vystružování.

#### Řezání laserem

Při obrábění pomocí laseru dochází k odebrání materiálu díky úzkému paprsku silného monochromatického světla soustředěného na malou plochu. Když působí laserový paprsek na určité místo, dochází k místnímu ohřevu částic materiálu na vysokou teplotu, která způsobuje jejich roztavení. Povrch této natavené oblasti se zvětšuje a materiál se dalším působením paprsku začne odpařovat. Při tomto procesu vznikají v natavené oblasti vysoké tlaky. Tavenina je pomocí tlaku přemísťována a vytlačována ze vznikajícího kráteru a paprsek proniká hlouběji do materiálu. Laserová technika se používá pro rozřezávání různých materiálů rozmanitých složení, tvrdosti a tloušťky (od textilu až po těžkoobrobitelné materiály) a pro výrobu přesných děr malých průměrů. Ve většině případů je nutné specifikovat tyto parametry: [1]

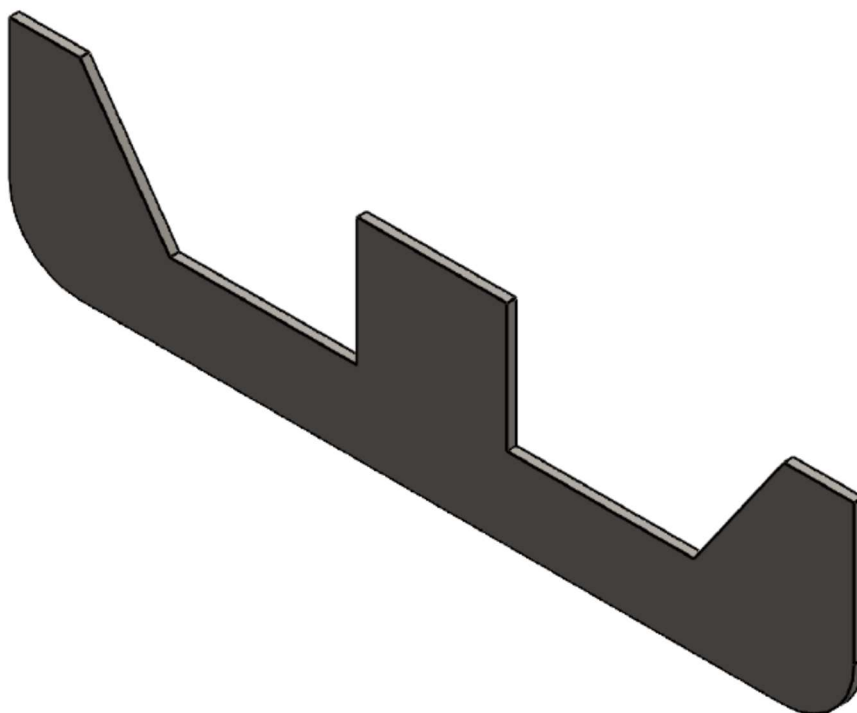
- Druh a mód paprsku
- Průměr paprsku a úhel jeho vychýlení paprsku
- Řezná rychlost
- Šířka řezu
- Typ obráběného materiálu a jeho mechanické, fyzikálně chemické a termofyzikální vlastnosti



Obr. 2 Laserové řezání [2]

K přednostem a základním specifickým vlastnostem technologie obrábění pomocí paprsku laseru patří: [1]

- Tepelnou energii je možno koncentrovat na malou plochu bez požití mechanických sil
- Průměr paprsku lze v širokém rozsahu měnit
- Možnost obrábění v nedostupných místech
- Možnost vytvoření úzkého řezu
- Vysoká produktivita
- Začátek řezu je možný i bez navrtání
- Obrábění bez znečištění obrobku



Obr. 3 součást vyřezaná z tabule plechu [12]

**Vrtání**

Vrtání je zhotovování děr (vnitřních rotačních ploch) průchozích i neprůchozích do plného materiálu, zpravidla dvoubřitým nástrojem. Hlavní řezný pohyb vykonává nástroj a jedná se o pohyb rotační, vedlejší pohyb je přímočarý ve směru osy otáčení a vykonává jej rovněž nástroj (výjimku tvoří vrtání děr na soustruhu a frézce). Řezná rychlost, která je měřítkem hlavního pohybu, je u vrtacích nástrojů největší na obvodu, zmenšuje se ke středu nástroje, kde je nulová. Řeznou rychlostí je obvodová rychlost největšího průměru vrtáku. Dosahovaná přesnost u vrtání je závislá na zvolení typu nástroje (viz. tabulka 3). [3,4]

Tabulka č. 3 Přesnost nástrojů dle zvolení typu nástroje [4].

Nástroj	Přesnost rozměrů IT	Drsnost obrobeného povrchu Ra ( $\mu\text{m}$ )
Šroubovitý vrták	11 až 13	6,3 - 25
Šroub. vrták s vodícím pouzdrem	10	6,3 - 25
Kopinatý vrták	10	6,3 - 25
Dělový vrták	8	1,6 - 6,3
Vrták s VBD	8 - 10	3,2 - 12,5

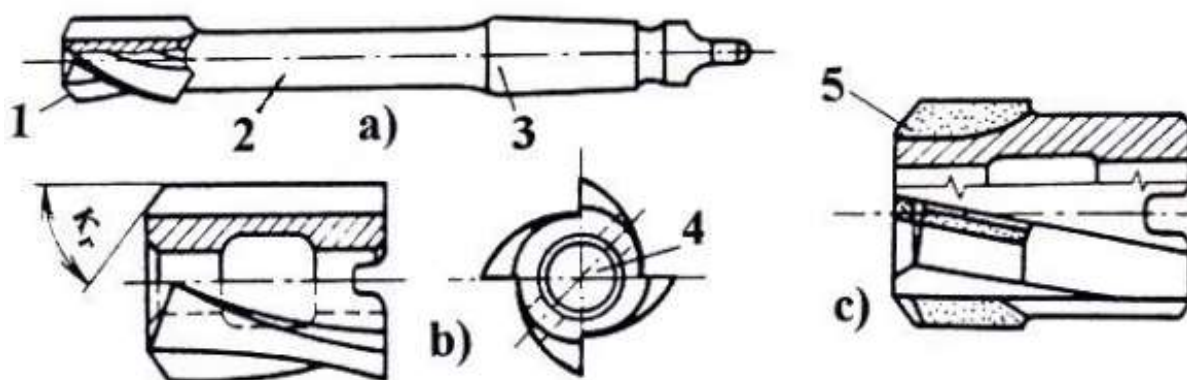


Obr. 4 Vrtání [5].

Jelikož je vrtání hrubovací operace, tak má vyvrtaná díra ve většině případů špatné geometrické parametry (velká tolerance jmenovitého průměru, špatná kruhovitost, válcovitost) a vysokou drsnost povrchu. Právě z tohoto důvodu je při požadavcích na výslednou kvalitu vyrobené díry třeba použít další obráběcí operace a to vyhrubování či vystružování. [4]

### Vyhrubování

Díry o průměru 10 mm se jen vystružují, díry s větším průměrem se vyhrubují a poté vystružují. Tudíž je zřejmé, že vyhrubování není konečná obráběcí operace. Úkolem vyhrubování je zpřesnit geometrické parametry součásti díry. Přidavky pro vyhrubování závisí hlavně na požadované kvalitě obráběné díry, ale i na druhu obráběného i nástrojového materiálu, konstrukci nástroje atd. [3]



Obr. 5 Výhrubníky: a) stopkový; b), c) nástrčné; 1-řezný kužel, 2-tělo, 3-upínací stopka, 4-upínací díra, 5-pájené břitové destičky ze slinutého karbidu [3]

Výhrubníky jsou tříbřité až čtyřbřité nástroje, zpravidla se zuby ve šroubovici o stoupání  $\omega = 20^\circ$ . Pracovní část výhrubníku se skládá z řezného kužele a z válcové kalibrovací (vodící) částí. Tyto nástroje se využívají pro dosažení přesných rozměrů a lepšího geometrického tvaru.

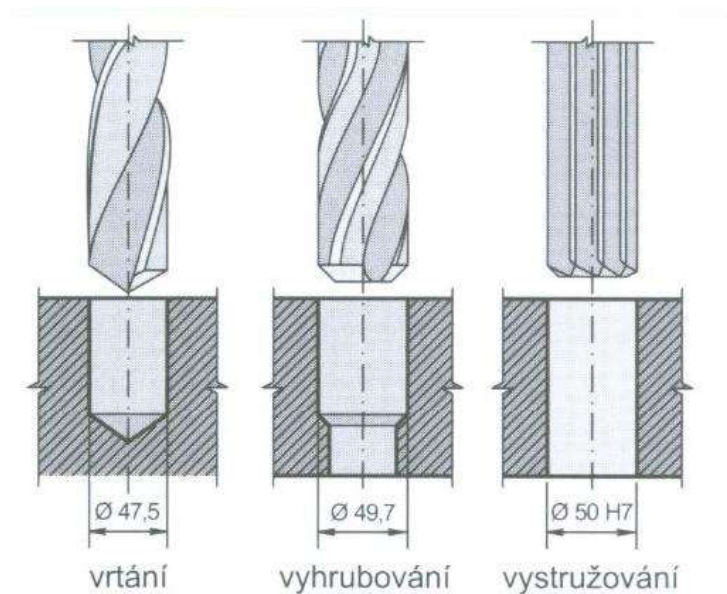


### Vystružování

Dokončovací operací pro výrobu přesných děr s předepsanými geometrickými parametry a drsností povrchu obrobenej plochy je vystružování. Přídavek na vystružování nemůže být příliš malý, kvůli tomu, že by nástroj obráběný materiál neodřezával, ale jen vytlačoval, tudíž by díra neměla požadovaný kruhový průřez, ani požadovanou drsnost povrchu. Navíc by docházelo k rychlému opotřebení všech břitů nástroje. I proto se v praxi přídavek na průměr určuje podle následujícího vztahu:

$$p = 0,1 + 0,005 \cdot D \text{ [mm]},$$

kde:  $D$  [mm] je jmenovitý průměr vystružované díry [3;4]



Obr. 6 Postup výroby přesné díry [6].

Metody, které jsou charakterizovány použitím nástrojů s nedefinovanou geometrií břitu, se nazývají abrazivní. Jsou to nejvíce využívané aplikace při obrábění součástí, u kterých jsou kladeny vysoké požadavky na drsnost povrchu, na přesnost tvarů (rovinnost, válcovitost) a rozměrů. Mezi abrazivní metody patří především broušení, honování, lapování a superfinišování. [1]

## 4 POUŽITÉ NÁSTROJE A POMŮCKY

Nástroje i pomůcky byly vyhledávány dle návrhu technologického postupu. Z důvodu přehlednosti jsou označeny (viz tabulka 4). Rozměrové hodnoty nástrojů jsou poté uvedeny v následujících tabulkách (5)

Tab. 4 Souhrn použitých nástrojů a měřicích pomůcek využitých v technologickém postupu pro výrobu součástí.

Označení	Nástroj
T1	Kobaltový vrták s kuželovou stopkou Ø12 mm
T2	Kobaltový vrták s kuželovou stopkou Ø17,5 mm
T3	Výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm
T4	Výstružník s kuželovou stopkou Ø18
P11	Posuvné měřítko
P12	Ruční škrabák
P13	Rychloupínací hlava MK2
P14	Výměnná vložka pevná 2/1
P15	Výměnná vložka pevná 2/2
P16	Kalibr mezní válečkový Ø18H7

### T1

Tab. 5 Kobaltový vrták s kuželovou hlavou Ø12 mm tech. údaje. [7]

Parametr	Hodnota
Průměr [mm]	12
Celková délka [mm]	182
Délka šroubovice [mm]	101
Upnutí	MK1



Obr. 7 Kobaltový vrták s kuželovou stopkou Ø12 mm. [7]

## T2

Kobaltový vrták s kuželovou stopkou Ø17,5 mm

Tab. 6 Kobaltový vrták s kuželovou hlavou Ø12 mm tech. údaje. [7]

Parametr	Hodnota
Průměr [mm]	17,5
Celková délka [mm]	228
Délka šroubovice [mm]	130
Upnutí	MK2

## T3

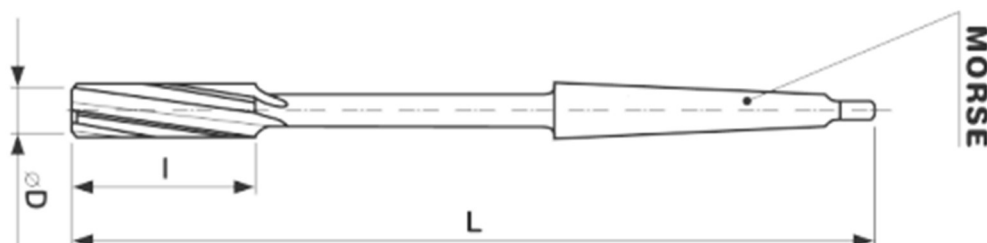
Výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm

Tab. 7 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm. [8]

Parametr	Hodnota	Zkratka
Průměr [mm]	17,5	D
Celková délka [mm]	219	L
Délka šroubovice [mm]	56	l
Upnutí	MK2	-



Obr. 8 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm.[8]



Obr. 9 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm schéma nástroje.[8]

**T4**

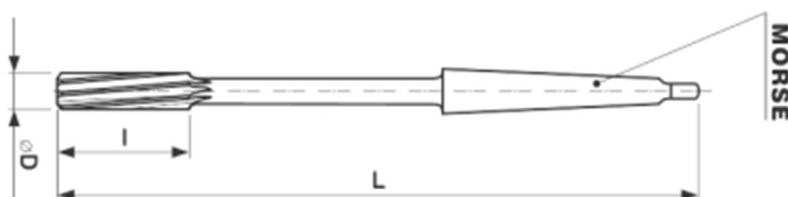
Výstružník s kuželovou stopkou Ø18 mm

Tab. 8 Výstružník s kuželovou stopkou Ø18 mm. [9]

Parametr	Hodnota	Zkratka
Průměr [mm]	18	D
Celková délka [mm]	219	L
Délka šroubovice [mm]	56	L
Upnutí	MK2	-



Obr. 10 Kobaltový výstružník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm. [9]



Obr. 11 Kobaltový výstružník s kuželovou stopkou Ø18 mm schéma nástroje. [9]

**P11**

Posuvné měřítko



Obr. 12 Posuvné měřítko. [10]

**P12**

Ruční škrabák



Obr. 13 Ruční škrabák. [11]

**P13**

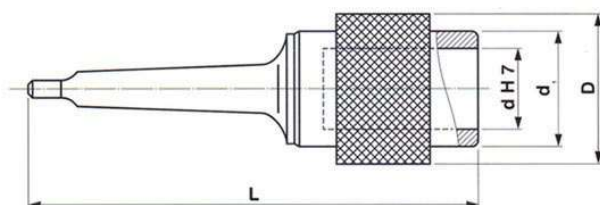
Rychloupínací hlava MK2

Tab. 9 Rychloupínací hlava MK2. [12]

Parametr	Hodnota	Zkratka
Vnitřní průměr pouzdra[mm]	25	(d H7)
Celková délka [mm]	155	(L)
Venkovní průměr pouzdra[mm]	38	(d <sub>1</sub> )
Průměr objímky	52	(D)



Obr. 14 Rychloupínací hlava MK2. [12]



Obr. 15 Rychloupínací hlava MK2. schéma [12]

**P14**

Výměnná vložka pevná 2/1

Tab. 10 Výměnná vložka pevná 2/1 [13]

Parametr	Hodnota
Průměr [mm]	25
Celková délka [mm]	65
Upnutí	MK1



Obr. 16 Výměnná vložka pevná 2/1. [13]

**P15**

Výměnná vložka pevná 2/2

Tab. 11 Výměnná vložka pevná 2/2 [14]

Parametr	Hodnota
Průměr [mm]	25
Celková délka [mm]	80
Upnutí	MK2



Obr. 16 Výměnná vložka pevná 2/2. [14]

#### P16

Kalibr mezní válečkový  $\varnothing 18H7$



Obr. 17 Kalibr mezní válečkový  $\varnothing 18H7$ . [15]



## 5 POUŽITÉ STROJE PRO VÝROBU SOUČÁSTI

Vzhledem k vybraným nástrojům a technologiím byly zvoleny následující stroje. Využito bylo stroje pro řezáním laserem a stolní vrtačka.

### CNC stroj Kompakt Laser

Pro výrobu součástí je využíván CNC stroj KOMPAKT Laser, který umožňuje maximálně přesné, rychle a účinné termické dělení materiálu. Kvůli jeho konstrukci je vhodný pro využití v malých, středních i velkých provozech. Technické údaje toho stroje jsou uvedeny v tabulce (12). [16]



Obr. 17 CNC stroj Kompakt Laser. [16]



Obr. 18 CNC stroj Kompakt Laser. [16]

Tab. 12 Technické údaje CNC stroje Kompakt Laser 12.5/25. [16]

Parametr	Hodnota
Provedení stroje	Manuálně výsuvný rošt
Celková délka	7 800 mm*
Celková šířka	2 850 mm
Celková výška	2 200 mm
Formát plechu	1 250 x 2 500 mm
Výška roštu	855
Maximální počet suportů	1x suport s laserovou hlavou

\* rozměr s vysunutým roštem

### Stolní vrtačka OPTIdrill B 24 HV

Tato stolní vrtačka má velkou tuhost, je vhodná pro náročné využívání s plynulou regulací počtu otáček vřetene. Vřeteno je s přesnými kuličkovými ložisky. Díky hliníkovým řemenicím s broušenými drážkovými unášeči je snížena hlučnost. Technické údaje tohoto stroje jsou uvedeny v tabulce 13. [17]



Obr. 19 Stolní vrtačka OPTIdrill B 24 HV. [17]

Tab. 13 Technické údaje stolní vrtačky OPTIdrill B 24 HV. [17]

Parametr	Hodnota
Rozměry stolu	280 x 280 mm
T-drážky	14 mm
Max. vrtací hloubka	85 mm
Otáčky	100 – 6 100 ot./min
Kužel vřetene	1MK2
Rozměry	435 x 1 000 x 660 mm

## 6 PŘÍPRAVKY

jsou využívány jako prostředek pro usnadnění výroby. Jejich využití zvyšuje produktivitu, hospodárnost výroby a její bezpečnost. Jsou pomocná, přes to zcela nezbytná část obráběcí soustavy stroj, nástroj, obrobek. V některých literaturách jsou přípravky přímo začleněny do této soustavy. Umožňují ustavit a upnout obrobek rychle spolehlivě a bezpečně zajišťují přesnější vedení nástrojů výrobní přesnost a to jak rozměrovou tak geometrickou. Díky tužšímu ustavení snižuje dosaženou drsnost povrchu a celkovou přesnost výroby [18,19]

Použití přípravků také způsobuje zkracování výrobních časů a to jak přímých, tak nepřímých dále pak zajišťují plynulou návaznost jejich operací. Snižuje se namáhavost pro dělníka a díky jednoznačnosti použití je možné využívat méně kvalifikovanou obsluhu.

### PRAVIDLA PRO KONSTRUKCI PŘÍPRAVKŮ

- Výroba součásti je-li to možné na jedno upnutí,
- je zcela nezbytné, aby byl přípravek tuhý,
- řezné síly by měly působit proti pevným částem přípravku,
- přípravek musí jednoznačně definovat pozici polotovaru – znemožnit obrácené vložení obrobku,
- zajištění jednoduchého, rychlého a bezpečného vkládání i vyjímání obrobku,
- eliminace ostrých hran – veškeré hrany mají být zaoblené nebo zkosené,
- upínací prvky nesmí způsobovat kolizi s nástrojem a dalšími komponenty stroje,
- váhový limit – maximální hmotnost ručního vrtacího přípravku činí 15kg,
- části, u kterých je předpoklad opotřebení by měly být konstruovány jako výměnné,
- nepevné a odnímatelné části připevnit je-li to možné např. řetízkem,
- je vhodné maximalizovat použití normalizovaných součástí – snazší vyměnitelnost a nižší cena těchto součástí. [18,19]

### DĚLĚNÍ PŘÍPRAVKŮ

Přípravky rozdělujeme podle několika kritérií, dle použitelnosti, dle způsobu použití a dle zdroje upínacích sil.

Rozdělení dle použitelnosti

- **Jednouúčelové** - nacházejí použití v sériové výrobě jedné konkrétní součásti. Jsou technologicky rozměrově a tvarově neměnné. Jsou-li používány je jich velké množství, což sebou nese problematiku při údržbě a skladování.
- **Univerzální** – Slouží pro upínání obrobků obdobného typu, ale odlišné velikosti či tvaru. Jejich použití je možné jak v kusové, sériové, tak hromadné výrobě. Vzhledem k širšímu spektru užití mají komplexnější konstrukci (svěráky, sklíčidla dělicí přístroje trny otočné stoly.

- **Stavebnicové-** Jsou skládány z normalizovaných a typizovaných dílců v konkrétní přípravky.

Dle výrobních operací

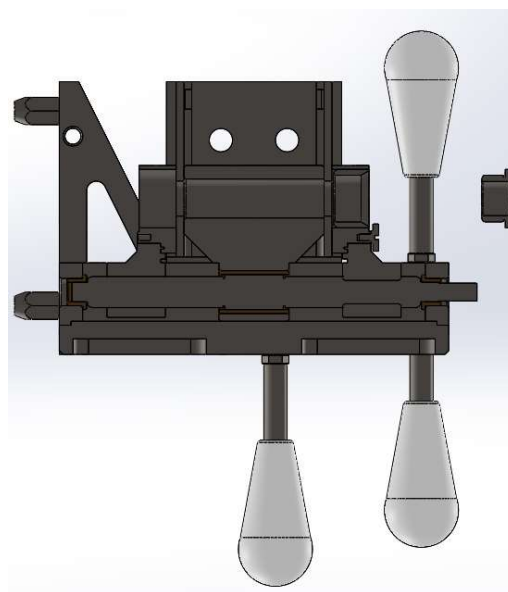
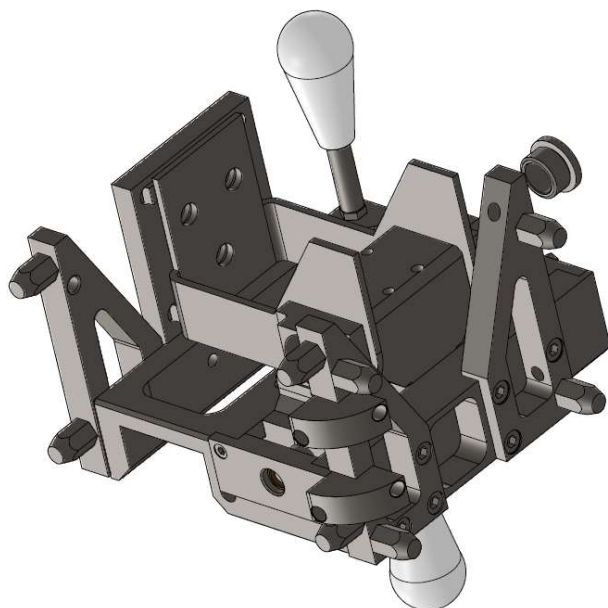
- **Obráběcí** – Definují jak upnutí, tak polohu případných děr, nebo jiných tvarových prvků na obrobku bez nutnosti opakovaného odměřování.
- **Univerzální** – pro široké spektrum použití.
- **Kontrolní** – Navrženy pro snadné ověření rozměrů popřípadě geometrie součástí.
- **Montážní** – Jsou primárně navrženy pro přidržení součástí v požadované poloze (svařovací přípravky).
- **Rýsovací** – Pro před rýsování kusů pro jejich následné obrobení.
- **Pomocné** – usnadňují práci na konvenčních strojích, zařízení pro manipulaci těžkými kusy a pomůcky pro řezání závitů.

Dle zdroje upínacích sil

- **S mechanickým upínáním** – hydraulické, elektromagnetické a pneumatické
- **Ruční** [19,20]

## 7 NÁVRH KONSTRUKCE VRTACÍHO PŘÍPRAVKU

Nyní se budeme zabývat návrhem vrtacího přípravku pro výrobu výše zmíněné součásti. Součásti definující geometrii jsou sešroubovány a skolíkované. Ustavení obrobku: tři dorazy a ručně utahovaný upínací systém na principu samostředícího svěráku určuje polohu obrobku. Pohybový šroub upínacího systému je uložen ve třech samomazných pouzder ze slinutého bronzu. Tato pouzdra jsou vyráběna technologií práškové metalurgie z kovových prášků. Tvoří je porézní bronzová matrice napuštěna olejem, který během používání ložiska funguje jako mazivo. Přípravek obsahuje celkem pět vrtacích pouzder, z toho jsou čtyři pouzdra pevná a jedno výměnné. Výmenné pouzdro je proti otočení a vysunutí zajištěno šroubem. Aby bylo možné obrobit celou součást na jedno upnutí je třeba přípravek otáčet. Z tohoto důvodu je přípravek vybaven celkem osmi nohami a dvěma součástmi dále zmiňovanými jako kolébka. Přípravek byl kolébkou vybaven, aby se při otáčení snížilo opotřebení nohou. Dalšími součástmi usnadňujícími otočení, jsou madla. Pro co nejméně namáhavou manipulaci je přípravek vybaven třemi madly. Velký vliv na možnost manipulace s přípravkem má také jeho hmotnost. Z toho důvodu byly desky přípravku, středící kostka i vzpěry co nejvíce odlehčeny. Nynější hmotnost přípravku je 12,5 kg a to včetně obráběné součásti.



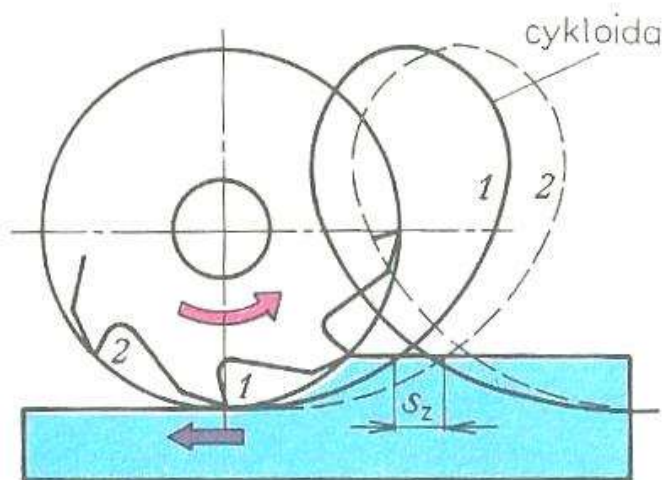
Obr. 20, 21 Modely sestavy.

## 8 POUŽITÉ TECHNOLOGIE PRO VÝROBU VRTACÍHO PŘÍPRAVKU

Při výrobě nenormalizovaných komponentů přípravku bylo využíváno následujících technologií: frézování, broušení.

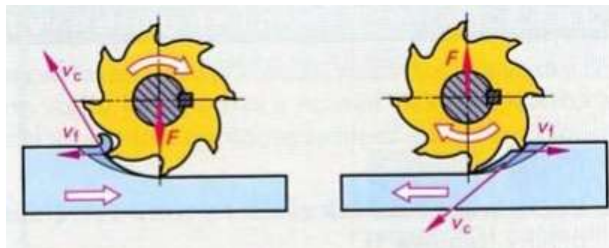
### Frézování

Frézování je třískové obrábění vnitřních a vnějších rovinných nebo tvarových ploch (drážky, závity, ozubená kola atd.) pomocí vícebřitého nástroje – frézy. Materiál obrobku je odebírán břity rotujícího nástroje. Hlavní pohyb frézy je otáčivý (rotační). Obrobek upnutý na pracovním stole frézky vykonává vedlejší plynulý pohyb – posuv. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Každý zub frézy odřezává krátké třísky mající proměnnou tloušťku (řezný proces je přerušovaný). Výsledný řezný pohyb má tvar cykloidy (obr. 22). [21,22]



Obr. 22 Řezný pohyb při frézování. [22]

Z technologického hlediska je rozlišeno frézování válcové (frézuje se obvodem nástroje) a čelní (frézuje se čelem nástroje). Válcové frézování se využívá při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy se nachází na obvodu nástroje, hloubka odebírané vrstvy materiálu se nastavuje kolmo na osu frézy a směr posuvu. Jsou dva způsoby frézování válcovými frézami, frézování sousledné a nesousledné. [21]



Obr. 23 Sousedné (vpravo) a nesousedné frézování. [23]

### **Sousedné frézování**

Při sousledném frézování se fréza otáčí ve směru posuvu obrobku. Břity zubů se postupně zařezávají do maximální tloušťky třísky a končí na obrobené ploše. Řezné síly převážně působí proti stolu stroje (směrem dolů). Výhodou tohoto typu frézování je hladší obrobená plocha, obrobek je přitlačován do upínacího zařízení (díky směru řezné síly), vyšší výkon frézování při stejné trvanlivosti nástroje. Nespornou nevýhodou jsou silné rázy při záběru každého zubu do materiálu. Sousedné frézování je vhodné pro obrábění houževnatých a měkkých materiálů. [21]

### **Nesousedné frézování**

Smysl rotace nástroje je proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při průniku nástroje do obrobku. Průřez třísky se postupně zvětšuje od nuly do maximální tloušťky. Při oddělování třísky nedochází při její nulové tloušťce, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Vzniklé silové účinky způsobují zvýšené opotřebení břitu. Síla při tomto typu frézování má složku působící směrem nahoru, tudíž odtahuje obrobek od stolu stroje. Nesousedné frézování je vhodné pro obrábění výkovků, odlitků a vylisků, které mají nečistý a tvrdý povrch. [21]

### **Broušení**

Broušení patří historicky mezi nejstarší metody obrábění materiálů. Při broušení dosahujeme přesnosti rozměrů IT5-IT10 a drsnosti povrchu  $R_a$  0,20 až 2,40  $\mu\text{m}$ . Při tomto typu obrábění mnohobřitým nástrojem vytvořeným ze zrn brusiva, které jsou spojeny pojivem. Tento nástroj odebírá drobné části třísky. Způsob broušení závisí na tvaru a velikosti broušené plochy. Je možné brousit cementované a kalené součásti, slinuté karbidy (SK) i jiné tvrdé materiály. Pomocí broušení lze obnovovat řezivost nástrojů (nazýváno ostření). V tuto dobu je využíváno jako hlavní metoda dokončovacího obrábění ve strojírenství. Díky vývoji brousících nástrojů a brusek se význam broušení rozšiřuje i na hrubovací operace a může být stejně produktivní jako ostatní metody. [1,24]





Obr. 24 Broušení na plocho. [10]

Mezi hlavní znaky broušení patří nepravidelný úběr třísky, malé průřezy třísek, velké měrné řezné síly (odpory) a řezné rychlosti. Při těchto operacích je nutnost vydatně chladit obrobek z důsledku velkého množství vzniklého tepla. Díky zanášení pórů a otupování ostří jednotlivých zrn brusiva je ztracena řezivost nástroje. Řezivost kotoučů lze obnovit pomocí orovnávačů. [1]

Brousící proces se uskutečňuje pomocí různých metod, které jsou definovány dle různých kritérií.

Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se dělí na:

- Rovinné broušení (výsledek je rovinná plocha)
- Broušení do kulata (výsledek je rotační plocha)
- Broušení na otáčivém stole (broušení s rotačním posuvem)
- Tvarové broušení (broušení závitů, ozubených kol apod).

Podle aktivní části brousícího kotouče se rozlišuje:

- Obvodové broušení (broušení obvodem kotouče)
- Čelní broušení (broušení čelem kotoučem)

Podle vzájemné polohy brousícího kotouče se specifikuje:

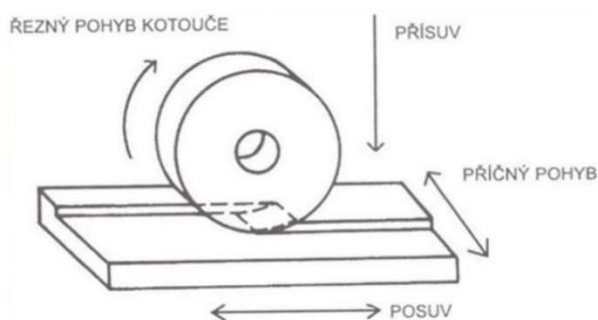
- Vnější broušení (broušení vnějšího povrchu obrobku)
- Vnitřní broušení (broušení vnitřního povrchu obrobku)

Podle hlavního pohybu posuvu stolu vzhledem k brousícímu kotouči je definováno:

- Axiální broušení (hlavní posuv je rovnoběžný s osou kotouče)
- Tangenciální broušení (hlavní posuv stolu je rovnoběžný s vektorem obvodové rychlosti kotouče ve zvoleném bodě)

- Radiální broušení (hlavní posuv ve zvoleném bodě je radiální vzhledem ke kotouči)
- Obvodové broušení (posuv stolu je radiální)
- Čelní broušení (posuv stolu je axiální)

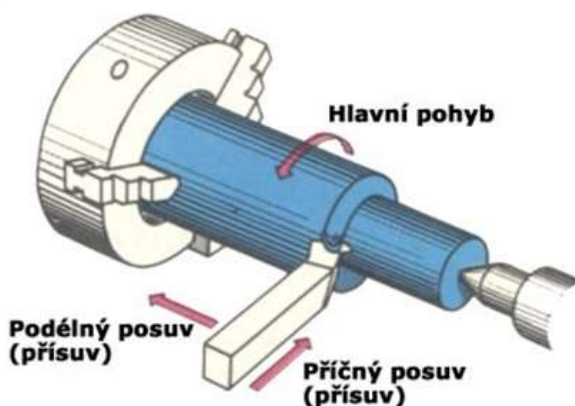
Pohyblivá část brusky vzhledem k jeho základu se nazývá stůl. Na stůl brousícího stroje se upevňuje obrobek nebo vřeteník. [1]



Obr. 25 Pohyby při broušení. [26]

### Soustružení

Je metoda třískového obrábění. Hlavní řezný pohyb je rotační, vykonává jej obrobek. Vedlejší řezný pohyb je přímočarý a koná jej nástroj. Touto technologií zhotovujeme vnitřní nebo vnější rotační plochy, většinou za pomoci jednobřítých nástrojů různého provedení. Tato metoda je považována za nejvíce využívanou obráběcí technologii. Soustružením je možné vyrábět široké spektrum válcových, kuželových, tvarových ploch a to jak vnitřních tak vnějších, rovinné čelní plochy a zápichy. Dále lze na soustruzích vrtat, vyhrubovat, vystružovat, řezat závity, vyvrtávat, válečkovat, vroubkovat, hladit a leštit.



Obr. 26 Pohyby při soustružení. [27]

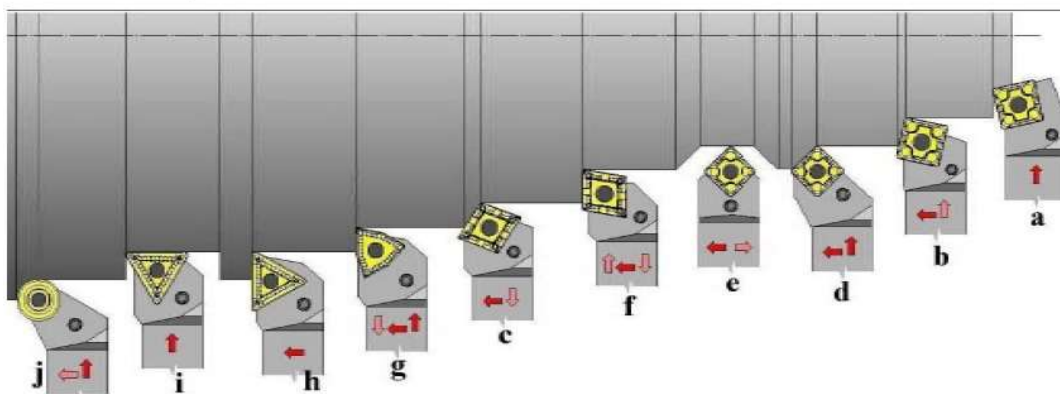
### Nástroje pro soustružení

Nejčastěji jsou používány radiální nože. Další typy nožů jsou prizmatické, kotoučové a tangenciální.

Radiální nože je možno dělit podle konstrukce, způsobu obrábění, směru posuvu, tvaru těla nože a nástrojového materiálu.

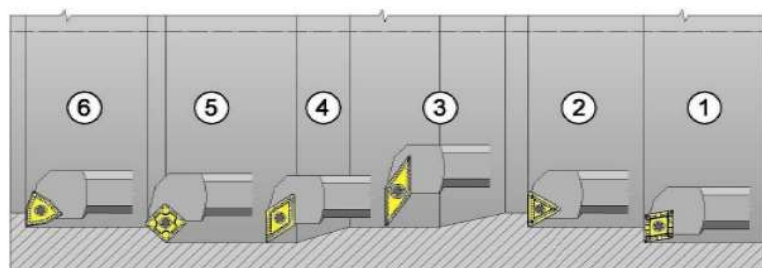
Dle nástrojového materiálu:

- Monolitní (řezná část i tělo jsou ze stejného nástroj. materiálu, převážně HSS),
- s pájenými břitovými destičkami (břitová destička je vyrobena z řezného materiálu, který je následně pájen tvrdou pájkou na těleso nože),
- s VBD (břitová destička z řezného materiálu je za pomoci mechanického upínacího systému upnuta v tělu nože z konstrukční oceli) [21,27,28]



*Vnější soustružnické nože,*

*a – ubírací nůž čelní, b – ubírací nůž přímý, c – ubírací nůž přímý, d – ubírací nůž ohnutý,  
e – ubírací nůž oboustranný, f – rohový nůž, g – rohový nůž, h – ubírací nůž stranový,  
i – hladicí nůž, j – radiusový nůž*



*Vnitřní soustružnické nože,*

*1 – vnitřní ubírací, 2 – vnitřní rohový, 3 – vnitřní kopírovací, 4 – vnitřní ubírací,  
5 – vnitřní ubírací, 6 – vnitřní rohový*

Obr. 27 Vnější a vnitřní soustružnické nože. [28]

## 9 STROJE POUŽITÉ PRO VÝROBU PŘÍPRAVKU

- CNC vertikální centrum AWEA AF 1 000



Obr. 28 Vertikální centrum AWEA AF 1 000. [29]

Tab. 14 Technické údaje vertikálního centra AWEA AF 1 000. [29]

Parametr	Hodnota
Kužel vřetena	BT 40
Otáčky vřetena	8 000 ot. / min
Výkon motoru vřetena	7,5 kW
Pojezd v ose x	1 020 mm
Pojezd v ose y	550 mm
Pojezd v ose z	635 mm
Rozměr stolu	1 200 x 550 mm
Počet nástrojů	24

- **CNC bruska SMART-B1640-III**

Bruska je určena pro veškeré běžné aplikace broušení válcových a čelních povrchů, u kterých je požadována vysoká přesnost. Technické údaje brusky jsou uvedeny v tabulce (). [9]



Obr. 29 CNC SMART-B1640-III. [30]

Tab. 15 Technické údaje CNC SMART-B1640-III. [30]

Parametr	Hodnota
<b>max. délka broušení</b>	610 mm
<b>max. šířka broušení</b>	305 mm
<b>max. výška broušení</b>	420 mm
<b>max. vzdálenost od stolu k ose vřetene</b>	600 mm
<b>max. zatížení stolu</b>	420 kg
<b>rozměry stolu</b>	300 x 600 mm
<b>minimální inkrement</b>	0,001 mm
<b>otáčky vřetene</b>	1800 ot/min
<b>brusný kotouč</b>	ø 355 x 50 x ø 127 mm
<b>hmotnost</b>	3200 kg

- CNC soustružnické centrum DOOSAN PUMA 2100



Obr. 30 CNC DOOSAN PUMA 2100. [31]

Tab. 16 CNC soustružnické centrum DOOSAN PUMA 2100. [31]

Parametr	Hodnota
Počet řezných os	3
Oběžný průměr nad ložemi	780 mm
max. průměr soustružení	406 mm
max. délka soustružení	520 / 760 mm
max. průměr soustružené tyče	65 mm
otáčky vřetene	4500 ot/min
počet nástrojů	12 (24)
hmotnost	3200 kg

## 10 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

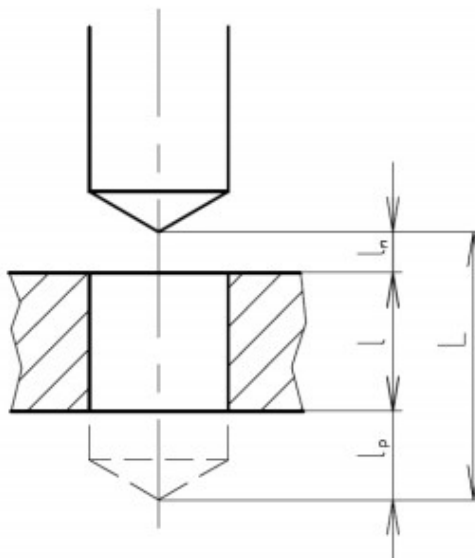
Tato kapitola pojednává o ekonomickém zhodnocení výroby součásti. V úvahu byly vzaty strojní časy  $t_{AS}$  a časy potřebné na přípravu výroby  $t_{AV}$  a rentabilita vybraného vrtacího přípravku založená na pořizovací ceně a celkových výrobních časech pro výrobu bez šablony a za použití přípravku.

### Strojní čas $t_{AS}$

Tento strojní čas stanovuje dobu chodu stroje odpovídající délce řezu  $L$ . Následující obrázek představuje znázornění délky  $L$  včetně náběhu  $l_n$  a přeběhu  $l_p$  nástroje.

### Stanovení času pro vrtání třech děr o průměru 12 mm

( $l_n = 4 \text{ mm}$ ,  $l_p = 1 \text{ mm}$ ,  $L = 4 \text{ mm}$ ,  $f_r = 0,1 \text{ mm}$ ,  $v_c = 30 \text{ m/min}$ ,  $D = 12 \text{ mm}$ )



Obr. 33 Schéma drah nástroje při vrtání.

$$t_{AS} = 3 \cdot \frac{L}{v_f} = 3 \cdot \frac{l_n + L + l_p}{n \cdot f_r} = 3 \cdot \frac{4 + 4 + 1}{796 \cdot 0,1} = 3 \cdot 0,11 = 0,33 \text{ min}$$

$L$  [mm] - délka řezu,

$v_f$  [mm.min<sup>-1</sup>] - rychlost posuvu,

$f_r$  [mm] - posuv na otáčku,

$n$  [min<sup>-1</sup>] - otáčky nástroje,

$l_n$  [mm] - délka náběhu,

$l_p$  [mm] - délka přeběhu,

$l$  [mm] - hloubka díry

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 12} = 796 \text{ min}^{-1}$$

$n$  [ $\text{min}^{-1}$ ] - otáčky nástroje,

$v_c$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ] - řezná rychlost,

$D$  [mm] - průměr nástroje

V obou případech, ať s použitím šablony, tak bez použití šablony se strojní časy shodují. Výpočet strojního času je vynásoben 3x pro vrtání třech děr.

#### **Stanovení času pro vrtání dvou děr o průměru 17,5 mm**

( $l_n = 5 \text{ mm}$ ,  $D = 17,5 \text{ mm}$ )

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + L + l_p}{n \cdot f_r} = \frac{5 + 80 + 1}{545,7 \cdot 0,1} = 1,58 \text{ min}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 17,5} = 545,7 \text{ min}^{-1}$$

#### **Stanovení času při vyhrubování dvou děr o průměru 17,5 mm**

( $n = 335 \text{ ot/min}$ ,  $f_r = 0,32 \text{ mm/ot}$ , *náběh*  $l_n = 5 \text{ mm}$ , *přeběh*  $l_p = 1 \text{ mm}$ ,  $D = 17,8 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,2 \text{ mm}$  ... *přídavek na vystružování*)

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + L + l_p}{n \cdot f_r} = \frac{5 + 80 + 1}{335 \cdot 0,32} = 0,80 \text{ min}$$

#### **Stanovení času při vystružování dvou děr o průměru 17,5 mm**

( $D=18H7$ ,  $n = 100 \text{ ot/min}$ ,  $f_r = 0,32 \text{ mm/ot}$ ,  $l_n = 5 \text{ mm}$ ,  $l_p = 1 \text{ mm}$ )

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + L + l_p}{n \cdot f_r} = \frac{5 + 80 + 1}{100 \cdot 0,32} = 2,69 \text{ min}$$



**Vedlejší čas bez použití šablony  $t_{AV1}$** 

Tento časový údaj se udává dobu přípravy jako je kupříkladu orýsování obrobku a jeho hodnota je stanovena teoreticky na 10 minut.

**Vedlejší časy s použitím šablony  $t_{AV2}$** 

S použitím šablony pro přesné zajištění polohy obrobku přípravný čas nebude potřeba.

Můžeme tedy počítat pouze s časy pro výměnu obrobku a přejetí nástroje. Tyto časy jsou opět stanoveny teoretickou hodnotou, a to na 3 minuty.

**Celkový čas** je složen z časů strojních a časů vedlejších na jeden kus. Platí pro něj následující vztah:

**- bez šablony:**

$$t_{A1} = t_{AS} + t_{AV} = (0,33 + 1,58 + 0,80 + 2,69) + 10 = 5,4 + 10 = 15,4 \text{ min}$$

**- se šablonou:**

$$t_{A2} = t_{AS} + t_{AV} = (0,33 + 1,58 + 0,80 + 2,69) + 3 = 5,4 + 3 = 8,4 \text{ min}$$

Z uvedených výpočtů vyplývá výrazná úspora času obrábění při použití daného přípravku.

**Návratnost investice přípravku**

Na investici pro přípravek má největší vliv jeho konstrukce, dále pak zvolená technologie výroby s volbou normalizovaných částí, které lze nakoupit. V neposlední řadě je to také vhodný výrobce v případě, že se rozhodneme přípravek nevyrábět vlastními silami, ale kooperací.

Výroba obdobného přípravku vychází kolem 18 000 Kč. Návratnost této investice je závislá na počtu vyrobených kusů vzhledem k časovým úsporám při použití přípravku. Do výpočtu je také nutné zahrnout náklady na provoz jako spotřebované energie apod. vrtací dílny, a to 263 Kč/hod, včetně mzdových nákladů na potřebného pracovníka, a to 127 Kč/hod. Provozní náklady celkem tedy činí 390 Kč/hod.

Návratnost investice do přípravku je následně vypočtena dle následujícího vztahu pro minimální počet kusů:

$$N = \frac{C}{(t_{A1} - t_{A2}) \cdot \frac{P}{60}} = \frac{18\,000}{(15,4 - 8,4) \cdot \frac{390}{60}} = \frac{18\,000}{7 \cdot 6,5} = 395,6 = 396 \text{ kusů}$$

N [ks] - počet kusů, při kterém se vrátí cena přípravku,

$C$  [Kč] - cena přípravku,

$t_{A1}$  [min] - celkový čas bez použití šablony,

$t_{A2}$  [min] - celkový čas s použitím šablony,

$P$  [Kč/h] - provoz dílny

Investice do vrtacího přípravku se navrátí již po 396 kusech. Vzhledem k sériovosti výroby 10 000 kusů je nepochybně ze všech směrů, jak ekonomických, tak praktických, vhodné daný přípravek využívat.

## **ZÁVĚR**

Tato práce se zabývá technologií vrtání a použitím přípravku pro sérii 10 000 kusů/rok. V úvodní části práce je hodnocení technologičnosti součásti a dvě varianty technologického postupu pro malosériovou výrobu. Byla zvolena varianta zaručující požadovanou přesnost. Pro tuto variantu byly dohledány technické pomůcky, stroje a nástroje. V další části byly popsány využití technologie pro výrobu součásti (řezání laserem, vrtání, vyhrubování, vystružování) a pro výrobu vrtacího přípravku (frézování, broušení, soustružení). V závěrečné části se bakalářská práce zabývá návrhem konstrukce vrtacího přípravku a následné ekonomické zhodnocení.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control
<b>ČSN</b>	Česká technická norma
<b>EN</b>	European Norm (evropská norma)
<b>HSS</b>	High speed steel (rychlořezná ocel)
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>IT</b>	Stupeň přesnosti
<b>MK</b>	Morse kužel
<b>OTK</b>	Oddělení technické kontroly
<b>Ra</b>	Drsnost povrchu
<b>SK</b>	Slinutý karbid
<b>VBD</b>	Vyměnitelná břitová destička
<b><math>\omega</math></b>	Úhel stoupání

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Součást, pro kterou byl navrhován přípravek	8
Obr. 2 Laserové řezání	12
Obr. 3 součást vyřezaná z tabule plechu	13
Obr. 4 Vrtání	14
Obr. 5 Výhrubníky	15
Obr. 6 Postup výroby přesné díry	16
Obr. 7 Kobaltový vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 12$ mm	18
Obr. 8 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou $\varnothing 17,75$ mm	19
Obr. 9 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou $\varnothing 17,75$ mm schéma nástroje	19
Obr. 10 10 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou $\varnothing 17,75$ mm	19
Obr. 11 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou $\varnothing 17,75$ mm schéma nástroje	19
Obr. 12 Posuvné měřítko	20
Obr. 13 Ruční škrabák	20
Obr. 14 Rychloupínací hlava MK2	21
Obr. 15 Rychloupínací hlava MK2 schéma	21
Obr. 16 Výměnná vložka pevná 2/1	22
Obr. 17 Výměnná vložka pevná 2/2	22
Obr. 18 Kalibr mezní válečkový $\varnothing 18H7$	23
Obr. 19 CNC stroj Kompakt Laser	23
Obr. 20 CNC stroj Kompakt Laser	24
Obr. 21 Stolní vrtačka OPTIdrill B 24 HV	25
Obr. 22 Modely sestavy	28
Obr. 23 Modely sestavy	28
Obr. 24 Řezný pohyb při frézování	29
Obr. 25 Sousledné (vpravo) a nesousledné frézování	30
Obr. 26 Broušení na plocho	31
Obr. 27 27 Pohyby při broušení	32
Obr. 28 Pohyby při soustružení	33
Obr. 29 Vnější a vnitřní soustružnické nože	34
Obr. 30 Vertikální centrum AWEA AF 1 000	35

Obr. 31 CNC SMART-B1640-III	36
Obr. 32 CNC DOOSAN PUMA 2100	37
Obr. 33 Schéma drah nástroje při vrtání	38

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Technologický postup varianta 1	10
Tab. 2 Technologický postup varianta 2	11
Tab. 3 Přesnost nástrojů dle zvolení typu nástroje	14
Tab. 4 Souhrn použitých nástrojů a měřících pomůcek využitých v technologickém postupu pro výrobu součásti	17
Tab. 5 Kobaltový vrták s kuželovou hlavou Ø12 mm tech. údaje	17
Tab. 6 Kobaltový vrták s kuželovou hlavou Ø12 mm tech. údaje.	18
Tab. 7 Kobaltový výhrubník s kuželovou stopkou Ø17,75 mm	18
Tab. 8 Výstružník s kuželovou stopkou Ø18	19
Tab. 9 Rychloupínací hlava MK2	20
Tab. 10 Výměnná vložka pevná 2/1	21
Tab. 11 Výměnná vložka pevná 2/2	22
Tab. 12 Technické údaje CNC stroje Kompakt Laser 12.5/25	24
Tab. 13 Technické údaje stolní vrtačky OPTIdrill B 24 HV	25
Tab. 14 Technické údaje vertikálního centra AWEA AF 1 000	35
Tab. 15 Technické údaje CNC SMART-B1640-III	36
Tab. 16 CNC soustružnické centrum DOOSAN PUMA 2100	37

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

[1] HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ -3. část [online]. 2004 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)

[2] Jontech: Laserové řezání [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://jontech.cz/cs/technologie-a-sluzby/laserove-rezani/>

[3] HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ -2. část [online]. 2004 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)

[4] Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Přeložil M. KUDELA. AB Sandvik Coromant. Praha: Scientia, 1998. ISBN 91-972299-4-6.

[5] Vrtání kovů. WASHINA engineering [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://dodavatele.epoptavka.cz/1317335-washina-engineering-s-r-o/nabidka/533335-vrtani-kovu>

[6] Třískové obrábění: Vyhrubování, vystružování, zahlubování. ELUC [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1821>

[7] Stimzet: Monolitní SK vrtáky [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: [http://www.stimzet.cz/data/sk6537-5d\\_cz.html](http://www.stimzet.cz/data/sk6537-5d_cz.html)

[8] Stimzet: Výhrubníky [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://stimzet.cz/data/vyhrubniky.html>

[9] Stimzet: Výstružníky [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://stimzet.cz/data/vystruzniky.html>

[10] Slevový obchod: Nářadí, měřidla, váhy [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.slevovyobchod.cz/naradi-a-meridla/posuvne-meritko--suplera--do-150-mm/>

[11] Přístroje na plasty: Univerzálně použitelný škrabák [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.pristrojenaplasty.cz/svareckynaautoplasty-cz/eshop/7-1-Rucni-skrabaky/0/5/89-SKRABAK-NOGA-5>

[12] Kovonástroje: Upínací nástroje [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/Upinaci-nastroje/Rychloupinaci-hlavy/Rychloupinaci-hlava-MK2-CSN-241332.html>

[13] Kovonástroje: Upínací nástroje [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/Upinaci-nastroje/Rychloupinaci-hlavy/Vymenna-vlozka-pevna-2-1-CSN-241333.html>

[14] Kovonástroje: Upínací nástroje [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/Upinaci-nastroje/Rychloupinaci-hlavy/Vymenna-vlozka-pevna-2-2-CSN-241333.html>

[15] Kalibry: Válečkové kalibry [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: [http://www.kalibry.cz/kalibry/valeckove-kalibry/?gclid=EAIaIQobChMIIs5-dv6Oc2wIVWC0ZCh3jEguSEAAAYASAAEgL02fD\\_BwE](http://www.kalibry.cz/kalibry/valeckove-kalibry/?gclid=EAIaIQobChMIIs5-dv6Oc2wIVWC0ZCh3jEguSEAAAYASAAEgL02fD_BwE)

[16] Vanad: CNC thermal cutting machines [online]. Golčův Jeníkov [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [http://www.vanad.cz/editor/filestore/File/vanad\\_cz---download-web2.pdf](http://www.vanad.cz/editor/filestore/File/vanad_cz---download-web2.pdf)

[17] Svářečky obchod: Stojanové vrtačky [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.svarecky-obchod.cz/stojanove-vrtacky/stojanove-vrtacky-230v/2213-stolni-vrtacka-optidrill-b-24-hv.htm#tabs-1>

[18] Přípravky [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT4\\_6-pripravky.pdf](https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT4_6-pripravky.pdf)



[19] NÁVRH UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU PRO UPNUTÍ OBROBKU [online]. Brno, 2014 [cit. 2018-05-24]. Dostupné z:

[https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/40355/BP\\_RadekPila%C5%99\\_28.5.2015.pdf?sequence=2](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/40355/BP_RadekPila%C5%99_28.5.2015.pdf?sequence=2). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jan STREJČEK, Ph.D., MBA.

[20] TECHNOLOGIE VRTÁNÍ A VRTACÍ PŘÍPRAVKY [online]. Brno, 2014 [cit. 2018-05-24]. Dostupné z:

[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=63977](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=63977).

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. MILAN KALIVODA.

[21] HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ -1. část [online]. 2003 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)

[22] Frézování: Frézování rovinných ploch [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z:

<http://zoei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>

[23] Obrábění a zpracování kovů: Frézování. ELUC [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1225>

[24] Obrábění a zpracování kovů: Broušení. ELUC [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1241>

[25] Washina engineering: Broušení kovů [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z:

<http://www.washina.cz/obsah/nabidka/brouseni>

[26] DUFKA, Jaroslav. Opracování materiálu: Broušení [online]. 2012 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3660996/>

[27] Zpracování kovů a opravárenství: Třískové obrábění. ELUC [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1823>

[28] Obrábění a zpracování kovů: Soustružení. ELUC [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1219>

[29] Technotrade: Obráběcí stroje [online]. Kuřim, 2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/vertikalni-centra/awea-af-1000/>

[30] Taima: CNC rovinné brusky [online]. 2014 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.taima.cz/rovinne-brusky/cnc-brusky/>

[31] Technotrade: Obráběcí stroje horizontální stroje [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/horizontalni-soustruhy/doosan-puma-2100/>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres rozvinutého polotovaru.

Příloha 2 Výkres patky.

Příloha 3 Výrobní výkres sestavy.

